

明 細 書

加速度センサの動的線形性計測方法及び装置

技術分野

本発明は、例えば車両衝突時の安全性の検査、ロボット、輸送機器、原子力発電関連諸機器、船舶、宇宙航空機器、マイクロ運動デバイス等の、運動の計測が必要不可欠な分野において用いる、加速度を計測する加速度センサの動的線形性計測方法及び装置に関する。

背景技術

従来より、例えば車両衝突時の安全性の検査、ロボット、輸送機器、原子力発電関連諸機器、船舶、宇宙航空機器、マイクロ運動デバイス等の、運動の計測が必要不可欠な分野においては加速度センサが用いられている。このような加速度センサによる正確な計測を維持するためにはその加速度センサの定期的な校正が必要となる。その校正に際して、従来最も信頼性が高い方法として、振動台に加速度センサを固定し、該振動台の運動をレーザ干渉計で計測し、その計測値と該振動台に固定した加速度センサの出力値とを比較することにより行われている。

しかしながら上記のような従来の加速度の校正技術においては、産業界が必要とする加速度レベル、周波数範囲における動的線形性の測定に関しては未だその技術が確立されておらず、したがってその技術の国際規格は未だに定められていないのが実情である。

一方、従来の加速度センサとして圧電加速度センサが存在する。この圧電加速度センサにおいては、非常に高い衝撃加速度まで計測できる特徴があり、その製品は市場に出回り広く利用されている。しかしながら、このような圧電加速度センサにおいても、動的計測で非常に重要な要素である動的線形性を計測する手法は提案すらされておらず、したがって 10^6 m/s^2 程度の高い加速度レベル迄、実際に動的線形性が成立するのかは全く知られておらず、その点でこのセンサの信頼性が不十分である。

一方、加速度の検出分野として地震計が存在するが、地震の計測のような低周波数

での加速度計測では、振動台の寄生横揺れ振動の影響を評価する必要があるにもかかわらず、その評価が困難であり、同時に直線性の高い低周波数振動を実現することも困難であることから、直流分から加速度を計測できる加速度センサは、いまだに静的な校正しかなされていない。

したがって本発明は、産業上において重要な分野で利用されている加速度センサについて、その分野で一般的に利用されている加速度値から、更に 10^6 m/s^2 程度迄の広い加速度範囲において、この加速度センサの動的線形性を正確且つ容易に計測する方法及び装置を提供することを目的とし、その結果、加速度センサの校正が正確且つ容易に行えるようになる。

本発明は上記課題を以下に記載する基本的な考え方により解決した。即ち、一般に計測技術分野においては線形性が成り立たなければ、正確な計測は成り立たない。動的計測においても線形性は重要であるが、ゲインおよび位相に関して動的線形性を確かめることは一般に容易ではない。しかし、一般的定義としては、動的線形性は、入力信号 $x(t)$ に対する出力信号を $X(t)$ をとし、入力信号 $y(t)$ に対する出力信号を $Y(t)$ とするとき、任意定数 a 、 b を用いて、入力信号 $a \cdot x(t) + b \cdot y(t)$ に対する出力信号が $a \cdot X(t) + b \cdot Y(t)$ となれば、動的線形性が成立する。

金属棒端面に測定対象の加速度センサを取り付け、棒の端面に内側発射管から発射される内側飛翔体を衝突させることによって発生した弾性波パルスがもう一方の端面に到達したときに生じる端面の運動加速度即ち加速度センサへの入力加速度信号 $a_{in,1}(t)$ と加速度センサの出力 $a_{out,1}(t)$ を求める。次に、棒の端面に外側発射管から発射される外側飛翔体を衝突させることによって発生した弾性波パルスがもう一方の端面に到達したときに生じる端面の運動加速度すなわち加速度センサへの入力加速度信号 $a_{in,2}(t)$ と加速度センサの出力 $a_{out,2}(t)$ を求める。最初に外側発射管から外側飛翔体を発射させ、次に内側発射管から内側飛翔体を発射させても良い。

最後に内側飛翔体と外側飛翔体を同時に金属棒に衝突させた時に、加速度センサへの入力信号として作用する加速度信号は、弾性波の線形性から、 $a_{in,1}(t) + a_{in,2}(t)$ となる。この時に加速度センサの出力信号を $a_{out}(t)$ とする。線形性が成立するとすれば、出力信号は、 $a_{out,1}(t) + a_{out,2}(t)$ となるから、この信号と、 $a_{out}(t)$ を周波数領域あるいは時間領域で比較することによって、加速度センサの動的線形性をゲイン、位相に関して計測

するという方法及びその方法を実施する装置とする。上記飛翔体が同時に発射される時の内側発射管からの飛翔体および外側発射管からの飛翔体は、それぞれ単独で発射される場合と同一形状であり、かつ発射圧力、発射管の内部での初期位置などが同一条件でなければならない。

発明の開示

この発明に係わる加速度センサの動的線形性計測方法は、金属棒の一端面に二重の発射管から同心円状に配置した2個の飛翔体を各々単独に、及び両飛翔体を同時に或いは所定時間間隔で衝突させて該金属棒内に弾性波パルスが発生させ、前記各飛翔体の衝突によって発生した弾性波パルスが前記金属棒の他端面に到達したときに生じる端面の運動加速度を該他端面に設けた加速度センサで各々計測し、前記他端面の運動加速度を光学測定器で計測、演算し、二個の飛翔体を同時に或いは所定の時間間隔で衝突させた時の前記加速度センサの加速度出力信号と、二個の飛翔体を別々に発射した時に得られた前記光学測定器で計測、演算した運動加速度信号の和とを時間領域及び周波数領域で比較することにより加速度センサの動的線形性を求めることから成る。

また、この発明に依る加速度センサの動的線形性計測方法は、金属棒の一端面に二重の発射管から同心円状に配置した2個の飛翔体を各々単独に、及び両飛翔体を同時に或いは所定時間間隔で衝突させて該金属棒内に弾性波パルスが発生させ、前記各飛翔体の衝突によって発生した弾性波パルスが前記金属棒の他端面に到達したときに生じる端面の運動加速度を該他端面に設けた加速度センサで各々計測し、前記金属棒側面に設けた歪ゲージによって、飛翔体の衝突により生じた弾性波パルスの歪みを各々計測し、二個の飛翔体を同時に或いは所定の時間間隔で衝突させた時の前記加速度センサの出力信号と、二個の飛翔体を別々に発射した時に得られた前記歪ゲージの計測信号から得られる加速度信号の和とを時間領域及び周波数領域で比較することにより加速度センサの動的線形性を求めることから成る。

また、この発明に依る加速度センサの動的線形性計測方法は、金属棒の一端面に二重の発射管から同心円状に配置した2個の飛翔体を各々単独に、及び両飛翔体を同時に或いは所定時間間隔で衝突させて該金属棒内に弾性波パルスが発生させ、

前記各飛翔体の衝突によって発生した弾性波パルスが前記金属棒の他端面に到達したときに生じる端面の運動加速度を該他端面に設けた加速度センサで各々計測し、前記金属棒側面の軸線方向複数箇所に設けた歪ゲージによって各歪ゲージの代表位置における前記飛翔体の衝突により生じた弾性波パルスの歪みを各々計測し、二個の飛翔体を同時に或いは所定の時間間隔で衝突させた時の前記加速度センサの出力信号と、二個の飛翔体を別々に発射した時に得られた前記歪ゲージの計測信号から得られる加速度信号の和とを時間領域及び周波数領域で比較することにより加速度センサの動的線形性を求めることから成る。

また、この発明に依る加速度センサの動的線形性計測方法は、金属棒の一端面に二重の発射管から同心円状に配置した2個の飛翔体を各々単独に、及び両飛翔体を同時に或いは所定時間間隔で衝突させて該金属棒内に弾性波パルスを発生させ、前記各飛翔体の衝突によって発生した弾性波パルスが前記金属棒の他端面に到達したときに生じる端面の運動加速度を該他端面に設けた加速度センサで各々計測し、前記金属棒側面に設けた歪ゲージによって前記飛翔体の衝突により生じた弾性波パルスの歪みを各々計測し、前記歪ゲージの計測信号に対して弾性波パルスの伝播理論によって波動の分散、減衰に応じた補正演算を行い、二個の飛翔体を同時に或いは所定の時間間隔で衝突させた時の前記加速度センサの出力信号と、二個の飛翔体を別々に発射した時に得られた前記歪ゲージからの前記補正演算した信号から得られる加速度信号の和とを時間領域及び周波数領域で比較することにより加速度センサの動的線形性を求めることから成る。

また、この発明に依る加速度センサの動的線形性計測方法は、金属棒の一端面に二重の発射管から同心円状に配置した2個の飛翔体を各々単独に、及び両飛翔体を同時に或いは所定時間間隔で衝突させて該金属棒内に弾性波パルスを発生させ、前記各飛翔体の衝突によって発生した弾性波パルスが前記金属棒の他端面に到達したときに生じる端面の運動加速度を該他端面に設けた加速度センサで各々計測し、前記金属棒側面の軸線方向複数箇所に設けた歪ゲージによって各歪ゲージの代表位置における前記飛翔体の衝突により生じた弾性波パルスの歪みを各々計測し、前記歪ゲージの計測信号に対して弾性波パルスの伝播理論によって波動の分散、減衰に応じた補正演算を行い、二個の飛翔体を同時に或いは所定の時間間隔で衝突させた時の

前記加速度センサの出力信号と、二個の飛翔体を別々に発射した時に得られた前記歪ゲージからの前記補正演算した信号から得られる加速度信号の和とを時間領域及び周波数領域で比較することにより加速度センサの動的線形性を求めることから成る。

また、この発明に依る加速度センサの動的線形性計測方法は、金属棒の一端面に二重の発射管から同心円状に配置した2個の飛翔体を各々単独に、及び両飛翔体を同時に或いは所定時間間隔で衝突させて該金属棒内に弾性波パルスが発生させ、前記各飛翔体の衝突によって発生した弾性波パルスが前記金属棒の他端面に到達したときに生じる端面の運動加速度を該他端面に設けた加速度センサで各々計測し、前記他端面の運動加速度を光学測定器で各々計測し、前記金属棒側面に設けた歪ゲージによって前記飛翔体の衝突により生じた弾性波パルスの歪みを各々計測し、前記他端面の運動加速度を計測した光学測定器の出力信号により、前記歪ゲージの計測信号に対して弾性波パルスの伝播理論によって波動の分散、減衰に応じた補正演算を行い、二個の飛翔体を同時に或いは所定の時間間隔で衝突させた時の前記加速度センサの出力信号と、二個の飛翔体を別々に発射した時に得られた前記歪ゲージからの前記補正演算した信号から得られる加速度信号の和とを時間領域及び周波数領域で比較することにより加速度センサの動的線形性を求めることから成る。

また、この発明に依る加速度センサの動的線形性計測方法は、金属棒の一端面に二重の発射管から同心円状に配置した2個の飛翔体を各々単独に、及び両飛翔体を同時に或いは所定時間間隔で衝突させて該金属棒内に弾性波パルスが発生させ、前記各飛翔体の衝突によって発生した弾性波パルスが前記金属棒の他端面に到達したときに生じる端面の運動加速度を該他端面に設けた加速度センサで各々計測し、前記他端面の運動加速度を光学測定器で計測し、前記金属棒側面の軸線方向複数箇所に設けた歪ゲージによって各歪ゲージの代表位置における前記飛翔体の衝突により生じた弾性波パルスの歪みを各々計測し、前記他端面の運動加速度を計測した光学測定器の出力信号により、前記歪ゲージの計測信号に対して弾性波パルスの伝播理論によって波動の分散、減衰に応じた補正演算を行い、二個の飛翔体を同時に或いは所定の時間間隔で衝突させた時の前記加速度センサの出力信号と、二個の飛翔体を別々に発射した時に得られた前記歪ゲージからの前記補正演算した信号から得られる加速度信号の和とを時間領域及び周波数領域で比較することにより加速度センサ

の動的線形性を求めることから成る。

また、前記加速度センサの動的線形性計測方法において、前記歪ゲージを、前記金属棒の一端面から同一距離の円周上に複数設け、各歪ゲージの出力信号を用いることを含む。

また、前記加速度センサの動的線形性計測方法において、前記軸線方向複数箇所に設けた歪ゲージを、各箇所において前記金属棒の一端面から同一距離の円周上に各々複数設け、各歪ゲージの出力信号を用いることを含む。

また、前記加速度センサの動的線形性計測方法において、前記光学機器は、レーザ干渉計であることを含む。

また、この発明に依る加速度センサの動的線形性計測装置は、二重の発射管から同心円状に配置した2個の飛翔体を各々単独に、及び両飛翔体を同時に或いは所定時間間隔で金属棒の一端面に衝突させて該金属棒内に弾性波パルスが発生させる発射装置と、前記各飛翔体の衝突によって発生した弾性波パルスが前記金属棒の他端面に到達したときに生じる端面の運動加速度を計測する上記他端面に固定された加速度センサと、前記端面の運動速度を計測し運動加速度として演算する光学測定器と、二個の飛翔体を同時に或いは所定の時間間隔で衝突させた時の前記加速度センサの出力信号と、二個の飛翔体を別々に発射した時に得られた前記光学測定器で計測し演算した運動加速度とを時間領域及び周波数領域で比較する比較手段とを備えたことから成る。

また、この発明に依る加速度センサの動的線形性計測装置は、二重の発射管から同心円状に配置した2個の飛翔体を各々単独に、及び両飛翔体を同時に或いは所定時間間隔で金属棒の一端面に衝突させて該金属棒内に弾性波パルスが発生させる発射装置と、前記各飛翔体の衝突によって発生した弾性波パルスが前記金属棒の他端面に到達したときに生じる端面の運動加速度を計測する上記他端面に固定された加速度センサと、前記弾性波パルスの歪みを計測する前記金属棒側面に設けた歪ゲージと、二個の飛翔体を同時に或いは所定の時間間隔で衝突させた時の前記加速度センサの出力信号と、二個の飛翔体を別々に発射した時に得られた前記歪ゲージの計測信号から得られる加速度信号の和とを時間領域及び周波数領域で比較する比較手段とを備えたことから成る。

また、この発明に依る加速度センサの動的線形性計測装置は、二重の発射管から同心円状に配置した2個の飛翔体を各々単独に、及び両飛翔体を同時に或いは所定時間間隔で金属棒の一端面に衝突させて該金属棒内に弾性波パルスが発生させる発射装置と、前記各飛翔体の衝突によって発生した弾性波パルスが前記金属棒の他端面に到達したときに生じる端面の運動加速度を計測する前記他端面に固定された加速度センサと、前記弾性波パルスの歪みを計測する前記金属棒側面に対し軸線方向複数箇所に設けた歪ゲージと、二個の飛翔体を同時に或いは所定の時間間隔で衝突させた時の前記加速度センサの出力信号と、二個の飛翔体を別々に発射した時に得られた前記各歪ゲージの代表位置における前記運動加速度により生じた歪計測信号から得られる加速度信号の和とを時間領域及び周波数領域で比較する比較手段とを備えたことから成る。

また、この発明に依る加速度センサの動的線形性計測装置は、二重の発射管から同心円状に配置した2個の飛翔体を各々単独に、及び両飛翔体を同時に或いは所定時間間隔で金属棒の一端面に衝突させて該金属棒内に弾性波パルスが発生させる発射装置と、前記各飛翔体の衝突によって発生した弾性波パルスが前記金属棒の他端面に到達したときに生じる端面の運動加速度を計測する前記他端面に固定された加速度センサと、前記弾性波パルスの歪みを計測する前記金属棒側面に対し軸線方向複数箇所に設けた歪ゲージと、前記歪ゲージの計測信号により代表位置の計測信号を求め、該代表位置の計測信号に対して弾性波パルスの伝播理論によって波動の分散、減衰に応じた補正演算を行う演算手段と、二個の飛翔体を同時に或いは所定の時間間隔で衝突させた時の前記加速度センサの出力信号と、二個の飛翔体を別々に発射した時に得られた前記歪ゲージの計測信号に基く前記補正演算した信号から得られる加速度信号の和とを時間領域及び周波数領域で比較する比較手段とを備えたことから成る。

また、この発明に依る加速度センサの動的線形性計測装置は、二重の発射管から同心円状に配置した2個の飛翔体を各々単独に、及び両飛翔体を同時に或いは所定時間間隔で金属棒の一端面に衝突させて該金属棒内に弾性波パルスが発生させる発射装置と、前記各飛翔体の衝突によって発生した弾性波パルスが前記金属棒の他端面に到達したときに生じる端面の運動加速度を計測する前記他端面に固定された加速

度センサと、前記弾性波パルスの歪みを計測する前記金属棒側面に対し軸線方向複数箇所に設けた歪ゲージと、前記歪ゲージの計測信号により代表位置の計測信号を求め、該代表位置の計測信号に対して弾性波パルスの伝播理論によって波動の分散、減衰に応じた補正演算を行う演算手段と、二個の飛翔体を同時に或いは所定の時間間隔で衝突させた時の前記加速度センサの出力信号と、二個の飛翔体を別々に発射した時に得られた前記歪ゲージの計測信号に基づく前記補正演算した信号から得られる加速度信号の和とを時間領域及び周波数領域で比較する比較手段とを備えたことから成る。

また、この発明に依る加速度センサの動的線形性計測装置は、二重の発射管から同心円状に配置した2個の飛翔体を各々単独に、及び両飛翔体を同時に或いは所定時間間隔で金属棒の一端面に衝突させて該金属棒内に弾性波パルスを発生させる発射装置と、前記各飛翔体の衝突によって発生した弾性波パルスが前記金属棒の他端面に到達したときに生じる端面の運動加速度を計測する前記他端面に固定された加速度センサと、前記弾性波パルスの歪みを計測する前記金属棒側面に対し軸線方向複数箇所に設けた歪ゲージと、前記端面の運動速度を計測する光学測定器と、前記光学測定器の出力信号により前記歪ゲージの計測信号に対して弾性波パルスの伝播理論によって波動の分散、減衰に応じた補正演算を行う演算手段と、二個の飛翔体を同時に或いは所定の時間間隔で衝突させた時の前記加速度センサの出力信号と、二個の飛翔体を別々に発射した時に得られた前記歪ゲージのからの前記補正演算した信号から得られる加速度信号の和とを時間領域及び周波数領域で比較する比較手段とを備えたことから成る。

また、前記加速度センサの動的線形性計測装置において、前記歪ゲージを前記金属棒の一端面から同一距離の円周上に複数設け、各歪ゲージの出力信号を用いることを含む。

また、前記速度センサの動的線形性計測装置において、前記光学測定器の出力信号により前記歪ゲージの計測信号に対して弾性波パルスの伝播理論によって波動の分散、減衰に応じた補正演算を行う際には、金属棒に前記加速度センサを取り付けない状態で行うことを含む。

また、この発明に依る加速度センサの動的線形性計測装置は、二重の発射管から同

心円状に配置した2個の飛翔体を各々単独に、及び両飛翔体を同時に或いは所定時間間隔で金属棒の一端面に衝突させて該金属棒内に弾性波パルスを発生させる発射装置と、前記各飛翔体の衝突によって発生した弾性波パルスが前記金属棒の他端面に到達したときに生じる端面の運動加速度を計測する前記他端面に固定された加速度センサと、前記弾性波パルスの歪みを計測する前記金属棒側面に対し軸線方向複数箇所に設けた歪ゲージと、前記端面の運動速度を計測する光学測定器と、前記光学測定器の出力信号により前記各歪ゲージの代表位置における前記運動加速度により生じた歪計測信号に対して弾性波パルスの伝播理論によって波動の分散、減衰に応じた補正演算を行う演算手段と、前記加速度センサの出力信号と、前記歪ゲージからの前記補正演算した信号とを時間領域及び周波数領域で比較する比較手段とを備えたことから成る。

また、前記加速度センサの動的線形性計測装置において、前記軸線方向複数箇所に設けた歪ゲージを、各箇所において前記金属棒の一端面から同一距離の円周上に各々複数設けたことから成る。

また、前記加速度センサの動的線形性計測装置において、前記光学測定器は、レーザ干渉計であることを含み、前記光学測定器の信号により前記各歪ゲージの代表位置における前記飛翔体の衝突により生じた弾性波パルスの歪信号に対して弾性波パルスの伝播理論によって波動の分散、減衰に応じた補正演算を行う際には、前記金属棒に加速度センサを取り付けて行うことを含む。

また、前記加速度センサの動的線形性計測装置において、前記飛翔体は、異なる材料の積層構造をもつことを含み、前記発射装置は、内側発射管、外側発射管各々を多重発射管とすることにより、外側発射管、及び内側発射管から発射される飛翔体を多重化し、各々において飛翔体の発射の位相を制御することによって、金属棒内部に発生する弾性波の周波数帯域を狭帯域化することを含む。

また、前記加速度センサの動的線形性計測装置において、前記金属棒中の弾性波伝播の理論によって、歪ゲージ出力信号から端面に入射する弾性波パルスの過渡歪信号を求める際に、スカラクの解析解の少なくとも1次の項または、高次の項迄を用いることを含む。

また、前記加速度センサの動的線形性計測装置において、前記金属棒端面の運動

加速度計測、運動速度計測結果或いは歪ゲージ計測、波動伝播理論から導かれる加速度センサ入力加速度信号と加速度センサの出力信号を、周波数領域で比較することにより加速度センサの動的線形性を計測することを含む。

また、前記加速度センサの動的線形性計測装置において、前記2個の飛翔体の金属棒に対する衝突時刻の差を、第1の飛翔体が金属棒に衝突したときに発生する加速度センサへの入力過渡加速度信号と、第2の飛翔体が金属棒に衝突したときに発生する加速度センサへの入力過渡加速度信号とが、両飛翔体を同時に発射したときに発生する加速度センサへの入力過渡加速度信号を最も良く適合するパラメータとして求め、各飛翔体をそれぞれ単独で発射したときに得られる加速度センサの出力信号、両飛翔体を所定時間差で発射した時に得られる加速度センサの出力信号から加速度センサの動的線形性を計測する動的線形性演算手段を備えたことを含む。

また、前記加速度センサの動的線形性計測装置において、前記金属棒を軸線方向への剛性運動を拘束しないような点接触による支持手段により、水平に支持したことから成る。

また、前記加速度センサの動的線形性計測装置において、前記金属棒端面に金属球を接触させ、前記飛翔体の発射装置は、前記二重の発射管から同心円状に配置した2個の飛翔体を、該金属球に対して発射時期を精密に制御して発射させ、金属棒内部に弾性波パルスが発生させることから成る。

また、前記加速度センサの動的線形性計測装置において、波動の分散、波動の減衰、音速値の不確かさ、加速度センサの質量、ゲージの周波数応答などを補正する補正関数と、ゲージが貼り付けられた金属棒とを、個別の加速度センサに対応するために必要不可欠な交換部品セットとすることを含む。

前記加速度センサの動的線形性計測方法において、内側飛翔体と外側飛翔体もしくは、多重化された内側発射管から発射される内側飛翔体群もしくは多重化された外側発射管から発射される外側飛翔体群の発射は順序に依存しないことを含む。

前記加速度センサの動的線形性計測装置において、内側飛翔体と外側飛翔体もしくは、多重化された内側発射管から発射される内側飛翔体群もしくは多重化された外側発射管から発射される外側飛翔体群の発射は順序に依存しないことを含む。

本発明は、上記のように、金属棒に飛翔体を衝突させて金属棒内に弾性波パルスを

発生させ、その端面での運動加速を加速度センサで計測し、前記端面の運動をレーザ干渉計或いは歪ゲージで計測し、計測信号を演算、補正し、その演算結果と加速度センサの計測値とを時間領域及び周波領域で比較することにより、 10^6m/S^2 程度の広い加速度範囲においての動的線形性を正確且つ容易に計測することができ、加速度センサの校正を正確に行うことができる。

図面の簡単な説明

第1図は、本発明の加速度センサの動的線形性計測方法を実施するための装置の概要を示す構成図である。

第2図は本発明に用いる飛翔体の組合わせを示す説明図である。

発明を実施するための最良の形態

第1図は、本発明に依る加速度センサの動的線形性計測方法を実施するための装置のための一実施例を示し、金属棒1の第1端面2に後述するような飛翔体3を衝突させて衝撃を加え、内部に弾性波パルスが発生させるものであり、中心発射管4、外側発射管5の二重の多重発射管7を用い、この多重発射管7から内外2個の多重の飛翔体3を発射させる。図示実施例では中心発射管4の内部から略円筒状の内側飛翔体8を内側発射装置9により、また中心発射管4と外側発射管5との間の環状空間から環状の外側飛翔体10を外側発射装置11により各々独立して発射できるようにしている。この発射の状態はレーザ光源27からのレーザを金属棒1の前方において、2本間隔を設けて照射し、このレーザ光を遮る状態を受光素子28、28で検出し、その時間差をカウンタ29によって計測し、そのデータをパソコン26に入力して検出することができる。

上記各飛翔体の発射に際しては、弁開閉制御装置15により第1弁16を解放し、第1高圧空気源17からの高圧空気を内側発射装置9に供給することにより、内側発射管4内の内側飛翔体8を金属棒1の第1端面2に向けて発射させる。内側飛翔体8が金属棒1の第1端面2に衝突すると、金属棒1内には衝撃加速度の弾性波が発生して金属棒1内を伝播する。また、弁開閉制御装置15により前記第1弁16の解放後の所定時間後に第2弁18を解放し、第2高圧空気源19からの高圧空気を外側発射装置11に供給することにより、中心発射管4と外側発射管5との間に配置した環状の外側飛翔

体10を金属棒1の第1端面2に向けて発射させる。外側飛翔体10が金属棒1の第1端面2に衝突すると、金属棒1内には前記と同様の衝撃加速度の弾性波が前記第1飛翔体8の衝突による弾性波の発生に対して時間遅れで発生し金属棒1内を伝播する。第2図は、上記外側飛翔体10を内側飛翔体8より所定時間ずらして発射した状態を示す。

このようにして金属棒1内に発生した各衝撃加速度の弾性波により、金属棒1内には合成衝撃加速度の波形が生じることとなり、この波形が金属棒1の第2端面22に対して伝播する。このように、飛翔体を2個用い、各飛翔体の発射時期を任意に設定することにより、重ね合わせの原理により全体として所定の継続時間の衝撃加速度波形を発生することが可能となる。

これらの発射管4、5の各飛翔体8、10との接触面、または各飛翔体の外周面には潤滑処理、或いは低摩擦係数化する表面処理層を設けることが好ましい。また、個々の飛翔体の発射により金属棒1内部に発生する弾性波パルスの周波数帯域を狭くするために、飛翔体先端部に高分子材料、プラスチック、木材などを取り付けても良い。その際には、飛翔体本体部が金属、高分子材料、あるいはプラスチック、木材など異なる材料との積層構造をもつような多重飛翔体を用いても良い。

上記のような金属棒1の第1端面2において発生した弾性波パルスは、金属棒1内部を伝播してもう一方の第2端面22に到達して反射する。反射の過程で発生する端面に垂直な方向の衝撃加速度が、その端面に取り付けた校正対象である加速度センサ23への入力となる。また、衝撃加速度の精密な測定は歪ゲージ25、または上記端面にレーザ光を照射するよう配置されたレーザ干渉計24により、更には必要に応じて両方を用いることにより測定し、加速度センサ23の計測値と比較を行う。

発生する衝撃加速度の検出に際して棒側面に貼り付けた歪ゲージ25を用いる際には、歪ゲージ25を単体で実施することができるが、金属棒の軸線方向に一系列に複数配置しても良く、この列を更に複数列配置しても良い。第1図に示す例においては、第1端面2から1列に、 L_1 、 L_2 、 L_N ずつ離れてN個配置し、これを3列配置した例を示している。複数個の歪ゲージを用いる際には、各ゲージの出力信号を演算装置としてのパソコン26に入れ、これを信号処理して代表位置でのゲージ出力の周波数特性を求め、予め求めておいた補正関数を用いてレーザ干渉計24で計測した結果と同等の結果が

得られるようにする。なお、上記実施例においては、レーザ干渉計24と歪ゲージ25を用いた例を示しているが、いずれか片方のみでも本発明を実施することができる。

上記装置において、種々の態様で本発明を実施することができるが、入力加速度をレーザ干渉計による速度の計測から求めて、加速度センサの動的線形性を計測する場合は、以下のような手法により、また以下のような理論によって行われれる。即ち、発射管から発射された飛翔体が、金属棒端面に衝突して発生した弾性波パルスが加速度センサを取り付けた端面に到達して反射するときに発生する時間(t)の関数としての衝撃的加速度(a(t))は、金属棒内部の縦波弾性波速度(C)と端面での入射弾性波パルスのひずみ($\varepsilon(t)$)とによって、以下の式で表される。なお、 \cdot は時間に関する微分を表す。

【数1】

$$a(t) = 2C\dot{\varepsilon}(t) \quad (1.1)$$

そこで、内側発射管から飛翔体が発射される場合に端面に発生する加速度と入射弾性波パルスのひずみを、それぞれ $a_{in,1}(t)$ 、 $\varepsilon_{in,1}(t)$ とする。外側発射管から飛翔体が発射される場合に端面に発生する加速度と入射弾性波パルスのひずみを、それぞれ $a_{in,2}(t)$ 、 $\varepsilon_{in,2}(t)$ 、とすると以下の式が成立する。

【数2】

$$a_{in,1}(t) = 2C\dot{\varepsilon}_{in,1}(t) \quad (1.2)$$

【数3】

$$a_{in,2}(t) = 2C\dot{\varepsilon}_{in,2}(t) \quad (1.3)$$

レーザ干渉計で計測できるのは端面の運動速度であるから、内側発射体と外側発射体によりそれぞれ発生する端面の運動速度を $v_{in,1}(t)$ 、 $v_{in,2}(t)$ とすると以下の数式が成立する。

【数4】

$$v_{in,1}(t) = 2C\varepsilon_{in,1}(t) \quad (1.4)$$

【数5】

$$v_{in,2}(t) = 2C \varepsilon_{in,2}(t) \quad (1.5)$$

したがって、内側飛翔体を単独で発射した場合、外側飛翔体を単独で発射した場合、また、内側飛翔体と外側飛翔体を同時に、且つ前記単独で発射したときと同一の条件で発射した場合の各レーザ干渉計で計測する端面の運動速度を、それぞれ $v_{in,L,1}(t)$ 、 $v_{in,L,2}(t)$ 、 $v_{in,L,1+2}(t)$ とすると以下の式が成立する。

【数6】

$$a_{in,L,1}(t) = \int v_{in,L,1}(\tau) d\tau \quad (1.6)$$

【数7】

$$a_{in,L,2}(t) = \int v_{in,L,2}(\tau) d\tau \quad (1.7)$$

【数8】

$$a_{in,L,1+2}(t) = \int v_{in,L,1+2}(\tau) d\tau \quad (1.8)$$

その時の加速度センサの出力信号をそれぞれの場合で、 $a_{out,L,1}(t)$ 、 $a_{out,L,2}(t)$ 、 $a_{out,L,1+2}(t)$ とすると、下記の(1.9)式が成立する範囲内で、(1.10)式が成立する周波数範囲、加速度範囲を明らかにすることにより加速度センサの動的線形性を計測することができる。

【数9】

$$a_{in,L,1+2}(t) = a_{in,L,1}(t) + a_{in,L,2}(t) \quad (1.9)$$

【数10】

$$a_{out,L,1+2}(t) = a_{out,L,1}(t) + a_{out,L,2}(t) \quad (1.10)$$

なお、内側飛翔体と外側飛翔体の衝突が同時でない場合には、その時間差を Δt とすると、次の(1.11)式が成立する周波数範囲、加速度範囲を明らかにすることにより加速度センサの動的線形性を計測することができる。

【数11】

$$a_{out,L,1+2}(t) = a_{out,L,1}(t) + a_{out,L,2}(t - \Delta t) \quad (1.11)$$

また、歪ゲージを金属棒の第1端面から任意の距離に1個設け、或いはそれと同じ距離の円周上に複数設け、その計測信号をそのまま用いて、加速度センサの動的線形性を計測する場合は、以下のような手法により、また以下のような理論によって行われる。即ち、第1図に示す装置の例において、飛翔体の衝突する端面から距離 L_1 に貼ってある歪ゲージの出力信号について、内側飛翔体を単独で発射した場合、外側飛翔体を単独で発射した場合、また、内側飛翔体と外側飛翔体を同時に、且つ前記単独で発射したときと同一の条件で発射した場合の各々について、 $\varepsilon_{L1,out,1}(t)$ 、 $\varepsilon_{L1,out,2}(t)$ 、 $\varepsilon_{L1,out,1+2}(t)$ とする。この場合、ひずみゲージの周波数応答特性、弾性波の分散、減衰、音速値の不確かさなどを考慮しないので、ゲージの出力信号である歪みがそのまま加速度センサ取り付け面への入射弾性波パルスの歪みになるとみなす。

$\varepsilon_{L1,out,1}(t)$ 、 $\varepsilon_{L1,out,2}(t)$ 、 $\varepsilon_{L1,out,1+2}(t)$ に対応する加速度センサの出力信号を、 $a_{L1,out,1}(t)$ 、 $a_{L1,out,2}(t)$ 、 $a_{L1,out,1+2}(t)$ とすれば、(2.1)式が成立する範囲内で、(2.2)式が成立する周波数範囲、加速度範囲を明らかにすることにより加速度センサの動的線形性の計測を行うことができる。

【数12】

$$2C\dot{\varepsilon}_{L1,out,1+2}(t) = 2C\dot{\varepsilon}_{L1,out,1}(t) + 2C\dot{\varepsilon}_{L1,out,2}(t) \quad (2.1)$$

【数13】

$$a_{L1,out,1+2}(t) = a_{L1,out,1}(t) + a_{L1,out,2}(t) \quad (2.2)$$

なお、内側飛翔体と外側飛翔体の衝突が同時でない場合には、その時間差を Δt とすると、次の(2.3)式が成立する周波数範囲、加速度範囲を明らかにすることにより加速度センサの動的線形性を計測することができる。

【数14】

$$a_{L1,out,1+2}(t) = a_{L1,out,1}(t) + a_{L1,out,2}(t - \Delta t) \quad (2.3)$$

また、歪ゲージを金属棒の第1端面から、軸線方向に沿って複数個設け、各歪ゲージの出力をそのまま用いて、加速度センサの動的線形性を計測する場合は、以下のような手法により、また以下のような理論によって行われる。即ち、第1図に示す装置の例において、金属棒の軸方向に複数個設ける歪ゲージは、金属棒の衝撃端面である第1端面から、 L_n ($n=1\cdots N$) だけ離れた位置に貼られているとする。また、棒の軸方向の複数位置に貼り付けたゲージの代表位置を L_1 とする。この場合、各 L_n ($n=1\cdots N$) 位置において、加速度センサを取りつけた端面への入射波と、反射波は分離して観察されなければならない。

弾性波の伝播理論から衝撃端面から十分離れた丸棒断面での弾性波パルスの歪みは、平面波となるため衝撃端面からの距離 z と時間 t ($t=0$ で飛翔体の衝突が始まるとする) で解析的に表すことが可能である。そこで、平面波としての丸棒内部のひずみ ($\varepsilon(z,t)$) を次式で表すことにする。

【数15】

$$\varepsilon(z,t) = F(z,t) \quad (3.1)$$

但し、 $F(z,t)$ は次のように表される。(スカラク (Skalak) の解、級数展開の第一項目)

【数16】

$$F(z,t) = \varepsilon_i(t,z) - \varepsilon_i\left(t - \frac{2l_p}{C_p}, z\right) \quad (3.2)$$

但しここで、

t : 時刻

l_p : 飛翔体の長さ

C_p : 飛翔体の中の縦波弾性波の伝播速度

$\varepsilon_i(t,z)$: スカラクの解析解の一次項

【数17】

$$\varepsilon_i(t,z) = \frac{V_1}{\pi C_a} \left[\int_0^\infty \frac{\sin(\alpha_1 \eta + \eta^3/3)}{\eta} d\eta + \int_0^\infty \frac{\sin(\alpha_2 \eta + \eta^3/3)}{\eta} d\eta \right] \quad (3.3)$$

【数18】

$$\alpha_1 = \frac{Z - C_a t}{\left[\frac{3}{16} v^2 D_a^2 C_a t \right]^{\frac{1}{3}}} \quad (3.4)$$

【数19】

$$\alpha_2 = \frac{-Z - C_a t}{\left[\frac{3}{16} v^2 D_a^2 C_a t \right]^{\frac{1}{3}}} \quad (3.5)$$

但しここで、

 v_1 : 飛翔体の衝突速度 t : 衝突後の経過時間 ν : ポアソン比 D_a : 金属棒の直径 z : 金属棒の軸方向の座標

多数のひずみゲージを用いて感度を上げるために、以下の手順を取る。位置 L_n ($n=1 \cdots N$)における複数個のゲージ出力の断面での平均値を、 $\varepsilon_{L_n}(t)$ ($t=0$ は衝突開始時間)とする。波動伝播に時間がかかり、位置 L_n ($n=1 \cdots N$)におけるひずみゲージの出力信号は同相ではないので、以下の手順により前記(3.3)式を用いて代表位置 L_1 に貼ってあるゲージの出力と等価な出力に変換することができる。

【数20】

$$\varepsilon_n^e(t) = L^{-1} \left[L [\varepsilon_{L_n}(t)] \frac{L [F(L_1, t - \frac{(L_n - L_1)}{C})]}{L [F(L_n, t)]} \right] \quad (n=2 \cdots N) \quad (3.6)$$

ここで、

【数21】

$$L, L^{-1}$$

は、ラプラス演算子、逆ラプラス演算子である。したがって、代表位置における弾性波パルスの歪み $\varepsilon_r(L_1, t)$ は以下の式で表される。

【数22】

$$\varepsilon_r(L_1, t) = \frac{1}{N} \left[\varepsilon_{L1}(L_1, t) + \sum_{n=2}^N \varepsilon_n^e(t) \right] \quad (3. 7)$$

このように複数の歪ゲージを用い、出力信号の加算平均を計算することにより、ノイズの影響を減らし微小動的歪の計測が可能になる。

上記の態様においては、代表位置から加速度センサ取り付け端面までの弾性波パルスの伝播による弾性波動の分散、減衰などは考慮しない。歪ゲージの動特性を考慮した補正も行わない。そこで、内側飛翔体を単独で発射した場合、外側飛翔体を単独で発射した場合、また、内側飛翔体と外側飛翔体を同時に、且つ前記単独で発射したときと同一の条件で発射した場合の各々について、代表位置における代表ひずみ信号を、 $\varepsilon_{r,1}(L_1, t)$ 、 $\varepsilon_{r,2}(L_1, t)$ 、 $\varepsilon_{r,1+2}(L_1, t)$ とすると、複数個のひずみゲージの代表位置から加速度センサ取り付け端面までの距離は、 $L - L_1$ であるから、それぞれの場合に加速度センサ取り付け端面に発生する加速度 $a(t)$ は、次式で表される。

【数23】

$$a_{in,1}^r(t) = 2C \dot{\varepsilon}_{r,1}(L_1, t - \frac{L - L_1}{C}) \quad (3. 8)$$

【数24】

$$a_{in,2}^r(t) = 2C \dot{\varepsilon}_{r,2}(L_1, t - \frac{L - L_1}{C}) \quad (3. 9)$$

【数25】

$$a_{in,1+2}^r(t) = 2C\dot{\varepsilon}_{r,1+2}(L_1, t - \frac{L-L_1}{C}) \quad (3.10)$$

上記(3. 8)、(3. 9)、(3. 10)の入力加速度に対応する加速度センサの出力信号をそれぞれ、 $a_{out,1}^r(t)$ 、 $a_{out,2}^r(t)$ 、 $a_{out,1+2}^r(t)$ とすると、次の(3. 11)式が成立する範囲内で(3. 12)式が成立する周波数範囲、加速度範囲を明らかにすることにより加速度センサの動的線形性を計測することができる。

【数26】

$$a_{in,1+2}^r(t) = a_{in,1}^r(t) + a_{in,2}^r(t) \quad (3.11)$$

【数27】

$$a_{out,1+2}^r(t) = a_{out,1}^r(t) + a_{out,2}^r(t) \quad (3.12)$$

内側飛翔体と外側飛翔体の衝突が同時でない場合には、その時間差を Δt とすると次の(3. 13)式が成立する周波数範囲、加速度範囲を明らかにすることにより加速度センサの動的線形性を計測することができる。が動的線形性の計測である。

【数28】

$$a_{out,1+2}^r(t) = a_{out,1}^r(t) + a_{out,2}^r(t - \Delta t) \quad (3.13)$$

また、歪ゲージを金属棒の第1端面から任意の距離に1個設け、或いはそれと同じ距離の円周上に複数設け、その計測信号を理論的に補正して、金属棒の端面への入射弾性波パルスの歪みを求め、加速度センサの動的線形性を計測する場合は、以下のような手法により、また以下のような理論によって行われる。即ち、第1図に示す装置の例において、軸方向の一箇所に貼り付けた歪ゲージ出力を、弾性波理論で補正して端面への入射弾性波パルスを求める。しかし、このときゲージの周波数応答は無視される。前記(1. 2)式、(1. 3)式で示される歪信号は、衝突端面から距離 L_1 の位置に貼られているとし、内側飛翔体のみの衝突で発生した歪信号を $\varepsilon_{in,1}(L_1, t)$ 、外側飛翔体のみの衝突で発生した歪信号を $\varepsilon_{in,2}(L_1, t)$ 、内側飛翔体と外側飛翔体が同時に衝突した時の歪信号を $\varepsilon_{in,2}(L_1, t)$ とすると以下の式が成立する。

【数29】

$$\frac{L[\varepsilon_{in,1}(t)]}{L[\varepsilon_{in,1}(L_1,t)]} = \frac{L[\varepsilon_{in,2}(t)]}{L[\varepsilon_{in,2}(L_1,t)]} = \frac{L[\varepsilon_{in,1+2}(t)]}{L[\varepsilon_{in,1+2}(L_1,t)]} = \frac{L[F(L,t)]}{L[F(L,t)]} \quad (4.1)$$

$\varepsilon_{in,1+2}(t)$ 、 $\varepsilon_{in,1+2}(L_1,t)$ を、内側飛翔体と外側飛翔体を同時に発射した時の、加速度センサを取り付けた端面への入射弾性波パルスのひずみ、衝突端面から距離 L_1 に貼られた歪ゲージの出力信号とする。前記(3.14)式から求まる $\dot{\varepsilon}_{in,1}(t)$ 、 $\varepsilon_{in,2}(t)$ 、 $\varepsilon_{in,1+2}(t)$ 及び各々に対応する加速度センサの出力信号、 $a_{out,1}(t)$ 、 $a_{out,2}(t)$ 、 $a_{out,1+2}(t)$ を用いると、次の(4.2)式が成立する周波数、加速度範囲内において、(4.3)式が成立する周波数範囲、加速度範囲を明らかにすることにより加速度センサの動的線形性を計測することができる。

【数30】

$$2C\dot{\varepsilon}_{in,1+2}(t) = 2C\dot{\varepsilon}_{in,1}(t) + 2C\dot{\varepsilon}_{in,2}(t) \quad (4.2)$$

【数31】

$$a_{out,1+2}(t) = a_{out,1}(t) + a_{out,2}(t) \quad (4.3)$$

内側飛翔体と外側飛翔体の衝突が同時でない場合には、その時間差を Δt とすると次の(4.4)式が成立する周波数範囲、加速度範囲を明らかにすることにより加速度センサの動的線形性を計測することができる。

【数32】

$$a_{out,1+2}(t) = a_{out,1}(t) + a_{out,2}(t - \Delta t) \quad (4.4)$$

また、歪ゲージを金属棒の第1端面から、軸線方向に沿って複数個設け、これらの歪ゲージから得られる出力を理論的に補正して、端面への入射弾性波パルスの歪みを求め、加速度センサの動的線形性を計測する場合は、以下のような手法により、また以下のような理論によって行われる。即ち、第1図に示す装置の例において、軸方向に複数個貼り付けたひずみゲージ出力から代表値を計算する方法として前記(3.7)式に示す方法を用い、衝撃端面からの所定距離の代表位置における歪ゲージ出力信号

を、内側飛翔体を単独で発射する場合 ($\varepsilon_{r,1}(L_1, t)$)、外側飛翔体を単独で発射する場合 ($\varepsilon_{r,2}(L_1, t)$)、内側飛翔体と外側飛翔体を同時に金属棒に衝突させる場合 ($\varepsilon_{r,1+2}(L_1, t)$) について求める。

【数33】

$$\frac{L[\varepsilon_{in,1}^{rc}(t)]}{L[\varepsilon_{r,1}(L_1, t)]} = \frac{L[\varepsilon_{in,2}^{rc}(t)]}{L[\varepsilon_{r,2}(L_1, t)]} = \frac{L[\varepsilon_{in,1+2}^{rc}(t)]}{L[\varepsilon_{r,1+2}(L_1, t)]} = \frac{L[F(L, t)]}{L[F(L_1, t)]} \quad (5. 1)$$

$\varepsilon_{r,1}(L_1, t)$ 、 $\varepsilon_{r,2}(L_1, t)$ 、 $\varepsilon_{r,1+2}(L_1, t)$ のそれぞれに対応する加速度センサの出力を、 $a_{out,1}^{rc}(t)$ 、 $a_{out,2}^{rc}(t)$ 、 $a_{out,1+2}^{rc}(t)$ とする。このように決めれば、次の(5. 2)式が成立する周波数、加速度範囲内において、(5. 3)式が成立する周波数範囲、加速度範囲を明らかにすることにより加速度センサの動的線形性を計測することができる。

【数34】

$$2C\dot{\varepsilon}_{in,1+2}^{rc}(t) = 2C\dot{\varepsilon}_{in,1}^{rc}(t) + 2C\dot{\varepsilon}_{in,2}^{rc}(t) \quad (5. 2)$$

【数35】

$$a_{out,1+2}^{rc}(t) = a_{out,1}^{rc}(t) + a_{out,2}^{rc}(t) \quad (5. 3)$$

内側飛翔体と外側飛翔体の衝突が同時でない場合には、その時間差を Δt とすると次の(5. 4)式が成立する周波数範囲、加速度範囲を明らかにすることにより加速度センサの動的線形性を計測することができる。

【数36】

$$a_{out,1+2}^{rc}(t) = a_{out,1}^{rc}(t) + a_{out,2}^{rc}(t - \Delta t) \quad (5. 4)$$

また、歪ゲージを金属棒の第1端面から任意の距離に1個設け、或いはそれと同じ距離の円周上に複数設け、その計測信号をレーザ干渉計で計測した結果により補正して、金属棒の端面への入射弾性波パルスの歪みを求め、加速度センサの動的線形性を計測する場合は、以下のような手法により、また以下のような理論によって行われる。即ち、第1図に示す装置の例において、干渉計により棒端面の運動速度($v_L(t)$)が測定され、入射弾性波パルスの歪み($\varepsilon_L(t)$)との関係は、 $v_L(t) = 2C\varepsilon_L(t)$ で表される。入

力加速度の線形性を検証するためにひずみゲージ出力から加速度センサへの入力加速度を推定するときに、ゲージの周波数応答を補正し、弾性波動の伝播の分散、減衰、加速度センサの質量の影響などを干渉計出力をもとに補正する。

軸方向に一箇所に貼り付けてあるひずみゲージの衝突端面からの位置を、 L_1 とする。ゲージからの出力信号について、内側飛翔体が単独で発射された場合を $\varepsilon_{L1,out,1}(t)$ 、外側飛翔体が単独で発射された場合を $\varepsilon_{L1,out,2}(t)$ 、内側飛翔体と外側飛翔体が同時に発射される場合を $\varepsilon_{L1,out,1+2}(t)$ とする。このとき、ゲージの出力信号を加速度センサ取り付け端面への入射弾性波パルスのひずみに変換する以下の補正関数 ($G_{CL}(j\omega)$) を求める。

【数37】

$$G_{CL}(j\omega) = \frac{L \left[\varepsilon_{L1,out} \left(t - \frac{L - L_1}{C} \right) \right]}{L[\varepsilon_{iL}(t)]} \quad (6.1)$$

このように決めれば、内側飛翔体が単独で発射された場合の加速度センサ出力を $a_{out,1}^{CL1}(t)$ 、外側飛翔体が単独で発射された場合の加速度センサ出力を $a_{out,2}^{CL1}(t)$ 、内側飛翔体と外側飛翔体が同時に発射される場合の加速度センサ出力を $a_{out,1+2}^{CL1}(t)$ として、次の(6.2)式が成立する周波数、加速度範囲内において、(6.3)式が成立する周波数範囲、加速度範囲を明らかにすることにより加速度センサの動的線形性を計測することができる。

【数38】

$$2C \frac{d}{dt} \left(L^{-1} \left[\frac{L[\varepsilon_{L1,out,1+2}(t)]}{G_{CL}(j\omega)} \right] \right) = 2C \frac{d}{dt} \left(L^{-1} \left[\frac{L[\varepsilon_{L1,out,1+2}(t)]}{G_{CL}(j\omega)} \right] \right) + 2C \frac{d}{dt} \left(L^{-1} \left[\frac{L[\varepsilon_{L1,out,1+2}(t)]}{G_{CL}(j\omega)} \right] \right) \quad (6.2)$$

【数39】

$$a_{out,1+2}^{CL1}(t) = a_{out,1}^{CL1}(t) + a_{out,2}^{CL1}(t)$$

(6. 3)

内側飛翔体と外側飛翔体の衝突が同時でない場合には、その時間差を Δt とすると次の(6. 4)式が成立する周波数範囲、加速度範囲を明らかにすることにより加速度センサの動的線形性を計測することができる。

【数40】

$$a_{out,1+2}^{CL1}(t) = a_{out,1}^{CL1}(t) + a_{out,2}^{CL1}(t - \Delta t) \quad (6. 4)$$

また、歪ゲージを金属棒の第1端面から、軸線方向に沿って複数個設け、これらの歪ゲージから得られる出力をレーザ干渉計で計測した結果により補正して、端面への入射弾性波パルスの歪みを求め、加速度センサの動的線形性を計測する場合は、以下のような手法により、また以下のような理論によって行われる。即ち、第1図に示す装置の例において、前記(3. 7)式で求められる代表位置におけるひずみゲージ出力信号に関して、内側飛翔体が単独で発射された場合を $\varepsilon_{r,1}^N(L_1, t)$ 、外側飛翔体が単独で発射された場合を $\varepsilon_{r,2}^N(L_1, t)$ 、内側飛翔体と外側飛翔体が同時に発射される場合を $\varepsilon_{r,1+2}^N(L_1, t)$ とする。

内側飛翔体が単独で発射された場合の加速度センサ出力を $a_{out,1}^{CLN}(t)$ 、外側飛翔体が単独で発射された場合の加速度センサ出力を $a_{out,2}^{CLN}(t)$ 、内側飛翔体と外側飛翔体が同時に発射される場合の加速度センサ出力を $a_{out,1+2}^{CLN}(t)$ として、次の(7. 1)式が成立する周波数、加速度範囲内において、(7. 2)式が成立する周波数範囲、加速度範囲を明らかにすることにより加速度センサの動的線形性を計測することができる。

【数41】

$$2C \frac{d}{dt} \left(L^{-1} \left[\frac{L[\varepsilon_{r,1+2}^N(L_1, t)]}{G_{CL}(j\omega)} \right] \right) = 2C \frac{d}{dt} \left(L^{-1} \left[\frac{L[\varepsilon_{r,1}^N(L_1, t)]}{G_{CL}(j\omega)} \right] \right) + 2C \frac{d}{dt} \left(L^{-1} \left[\frac{L[\varepsilon_{r,2}^N(L_1, t)]}{G_{CL}(j\omega)} \right] \right) \quad (7. 1)$$

【数42】

$$a_{out,1+2}^{CLN}(t) = a_{out,1}^{CLN}(t) + a_{out,2}^{CLN}(t) \quad (7. 2)$$

内側飛翔体と外側飛翔体の衝突が同時でない場合には、その時間差を Δt とすると次の(7. 3)式が成立する周波数範囲、加速度範囲を明らかにすることにより加速度センサの動的線形性を計測することができる。

【数43】

$$a_{out,1+2}^{CLN}(t) = a_{out,1}^{CLN}(t) + a_{out,2}^{CLN}(t - \Delta t) \quad (7. 3)$$

本発明は上記のような加速度センサの動的線形性を計測する手段を基本とし、更に種々の態様で実施することができ、前記のように飛翔体の先端部に高分子材料、プラスチックなどを取り付けて積層化し、或いは飛翔体本体内部が金属、高分子材料、或いはプラスチックなどの異なる材料を適宜積層して全体として積層構造をもつような飛翔体を用いることにより、金属棒内部に発生する弾性波パルスの周波数帯域を任意に制御してもよい。

また、発射管を内側発射管と外側発射管の二重にしたものにおいて、この発射管から同心円状に配置した2個の飛翔体を発射させるに際し、内側発射管、外側発射管各々を多重発射管とすることにより、外側発射管、および内側発射管から発射される飛翔体を多重化し、各々において飛翔体の発射の位相を制御することにより、金属棒内部に発生する弾性波の周波数帯域を狭帯域化する手法を採用しても良い。

また、金属棒中の弾性波伝播の理論によって歪ゲージ出力信号から端面に入射する弾性波パルスの過渡ひずみ信号を求める際に、スカラクの解析解の少なくとも1次の項を用いても良く、更に精度をあげるために解析解の高次の項迄をも用いても良い。

また、金属棒端面の運動加速度計測、運動速度計測結果あるいは歪ゲージ計測、波動伝播理論から導かれる加速度センサ入力加速度信号と加速度センサの出力信号を周波数領域で比較することにより、加速度センサの周波数応答特性を求めるための前提として必要不可欠である加速度センサの動的線形性を計測することができるようになる。

また、二個の飛翔体の衝突の非同時性を考慮するために、内側発射管からの第1飛翔体と外側発射管からの第2飛翔体の金属棒に対する衝突時刻の差(Δt)を、第1飛翔体が金属棒に衝突したときに発生する加速度センサへの入力過渡加速度信号と第2飛翔体が金属棒に衝突したときに発生する加速度センサへの入力過渡加速度信号

が、両飛翔体を同時に発射したときに発生する加速度センサへの入力過渡加速度信号を最も良く適合するようなパラメータとして求め、第1飛翔体および第2飛翔体をそれぞれ単独で発射した場合に得られる加速度センサの出力信号、時間差があるが第1飛翔体と第2飛翔体をほぼ同時に発射した時に得られる加速度センサの出力信号から加速度センサの動的線形性を計測するようにしても良い。

また、弾性波パルスを伝播させる金属棒を水平に維持し、軸方向への剛体運動を拘束しないように、ボールベアリング、コロ軸受けなどを利用して点接触によって支持し、弾性波の伝播への影響を最小限にするようにしても良い。

また、金属丸棒端面に金属球を接触させるように取り付け、その球に対して同心円状の多重の発射管から、発射タイミングを精密に制御した飛翔体を発射させて、金属棒内部に弾性波パルスを発生させるようにしても良い。

また、歪ゲージを金属棒の第1端面から任意の距離に1個設け、或いはそれと同じ距離の円周上に複数設けると、歪ゲージの出力信号に対して、波動の分散、減衰、音速値の不確かさ、を補正するための補正関数をレーザ干渉計による計測結果から求める場合に、弾性波パルスが伝播する金属棒端面に加速度センサを取り付けなくても良いようにしても良い。

また、歪ゲージを金属棒の第1端面から、軸線方向に沿って複数個設け、或いは、前記軸線方向複数箇所に設けた歪ゲージを、各箇所において前記金属棒の一端面から同一距離の円周上に各々複数設け、各歪ゲージの出力信号に対して、波動の分散、減衰、音速値の不確かさ、加速度センサの質量、加速度センサの取り付け部分の影響、を補正するための補正関数をレーザ干渉計による計測結果から求める場合に、弾性波パルスが伝播する金属棒端面に加速度センサを取り付けた状態で求めるようにしても良い。

また、波動の分散、波動の減衰、音速値の不確かさ、加速度センサの質量、ゲージの周波数応答などを補正する補正関数と、ゲージが貼り付けられた金属棒を個別の加速度センサに対応するための必要不可欠な交換部品セットとしても良い。

産業上の利用可能性

本発明は、上記のように、金属棒に飛翔体を衝突させて金属棒内に弾性波パルスを

発生させ、その端面での運動加速を加速度センサで計測し、前記端面の運動をレーザ干渉計或いは歪ゲージで計測し、計測信号を演算、補正し、その演算結果と加速度センサの計測値とを時間領域及び周波領域で比較するように構成したので、産業上において重要な分野で利用されている加速度センサについて、その分野で一般的に利用されている加速度値から、更に 10^6m/s^2 程度迄の広い加速度範囲において、この加速度センサの動的線形性を正確且つ容易に計測し、加速度センサの校正を容易に行うことができる。それにより加速度計測一次標準の確立に貢献できると共に、加速度計測二次標準の確立にも貢献することができ、加速度センサによる計測の信頼性が向上し、高衝撃加速度計測の信頼性が向上する。また、加速度センサの周波数特性評価の信頼性が向上し、加速度センサの動的線形性に関する国内規格が定められると共に、加速度センサの動的線形性に関する国際規格を定めることができる。

請 求 の 範 囲

1. 金属棒(1)の一端面(2)に二重の発射管(4、5)から同心円状に配置した2個の飛翔体(8、10)を各々単独に、及び両飛翔体を同時に或いは所定時間間隔で衝突させて該金属棒内に弾性波パルスが発生させ、

前記各飛翔体の衝突によって発生した弾性波パルスが前記金属棒の他端面(22)に到達したときに生じる端面の運動加速度を該他端面に設けた加速度センサ(23)で各々計測し、

前記他端面の運動加速度を光学測定器(24)で計測、演算し、

二個の飛翔体を同時に或いは所定の時間間隔で衝突させた時の前記加速度センサの加速度出力信号と、二個の飛翔体を別々に発射した時に得られた前記光学測定器で計測、演算した運動加速度信号の和とを時間領域及び周波数領域で比較することにより加速度センサの動的線形性を求めることを特徴とする加速度センサの動的線形性計測方法。

2. 金属棒(1)の一端面(2)に二重の発射管(4、5)から同心円状に配置した2個の飛翔体を各々単独に、及び両飛翔体を同時に或いは所定時間間隔で衝突させて該金属棒内に弾性波パルスが発生させ、

前記各飛翔体の衝突によって発生した弾性波パルスが前記金属棒の他端面(22)に到達したときに生じる端面の運動加速度を該他端面(22)に設けた加速度センサ(23)で各々計測し、

前記金属棒側面に設けた歪ゲージ(25)によって、飛翔体の衝突により生じた弾性波パルスの歪みを各々計測し、

二個の飛翔体を同時に或いは所定の時間間隔で衝突させた時の前記加速度センサの出力信号と、二個の飛翔体を別々に発射した時に得られた前記歪ゲージの計測信号から得られる加速度信号の和とを時間領域及び周波数領域で比較することにより加速度センサの動的線形性を求めることを特徴とする加速度センサの動的線形性計測方法。

3. 金属棒(1)の一端面に二重の発射管(4、5)から同心円状に配置した2個の飛翔体(8、10)を各々単独に、及び両飛翔体を同時に或いは所定時間間隔で衝突させて

該金属棒内に弾性波パルスが発生させ、

前記各飛翔体の衝突によって発生した弾性波パルスが前記金属棒の他端面(22)に到達したときに生じる端面の運動加速度を該他端面に設けた加速度センサ(23)で各々計測し、

前記金属棒側面の軸線方向複数箇所に設けた歪ゲージ(25)によって各歪ゲージの代表位置における前記飛翔体の衝突により生じた弾性波パルスの歪みを各々計測し、

二個の飛翔体を同時に或いは所定の時間間隔で衝突させた時の前記加速度センサの出力信号と、二個の飛翔体を別々に発射した時に得られた前記歪ゲージの計測信号から得られる加速度信号の和とを時間領域及び周波数領域で比較することにより加速度センサの動的線形性を求めることを特徴とする加速度センサの動的線形性計測方法。

4. 金属棒(1)の一端面(2)に二重の発射管(4、5)から同心円状に配置した2個の飛翔体(8、10)を各々単独に、及び両飛翔体を同時に或いは所定時間間隔で衝突させて該金属棒内に弾性波パルスが発生させ、

前記各飛翔体の衝突によって発生した弾性波パルスが前記金属棒の他端面に到達したときに生じる端面の運動加速度を該他端面に設けた加速度センサ(23)で各々計測し、

前記金属棒側面に設けた歪ゲージ(25)によって前記飛翔体の衝突により生じた弾性波パルスの歪みを各々計測し、

前記歪ゲージの計測信号に対して弾性波パルスの伝播理論によって波動の分散、減衰に応じた補正演算を行い、

二個の飛翔体を同時に或いは所定の時間間隔で衝突させた時の前記加速度センサの出力信号と、二個の飛翔体を別々に発射した時に得られた前記歪ゲージからの前記補正演算した信号から得られる加速度信号の和とを時間領域及び周波数領域で比較することにより加速度センサの動的線形性を求めることを特徴とする加速度センサの動的線形性計測方法。

5. 金属棒(1)の一端面に二重の発射管(4、5)から同心円状に配置した2個の飛翔体を各々単独に、及び両飛翔体を同時に或いは所定時間間隔で衝突させて該金属棒内に弾性波パルスが発生させ、

前記各飛翔体の衝突によって発生した弾性波パルスが前記金属棒の他端面に到達したときに生じる端面の運動加速度を該他端面に設けた加速度センサ(23)で各々計測し、

前記金属棒側面の軸線方向複数箇所に設けた歪ゲージ(25)によって各歪ゲージの代表位置における前記飛翔体の衝突により生じた弾性波パルスの歪みを各々計測し、

前記歪ゲージの計測信号に対して弾性波パルスの伝播理論によって波動の分散、減衰に応じた補正演算を行い、

二個の飛翔体を同時に或いは所定の時間間隔で衝突させた時の前記加速度センサの出力信号と、二個の飛翔体を別々に発射した時に得られた前記歪ゲージからの前記補正演算した信号から得られる加速度信号の和とを時間領域及び周波数領域で比較することにより加速度センサの動的線形性を求めることを特徴とする加速度センサの動的線形性計測方法。

6. 金属棒(1)の一端面(2)に二重の発射管(4、5)から同心円状に配置した2個の飛翔体を各々単独に、及び両飛翔体を同時に或いは所定時間間隔で衝突させて該金属棒内に弾性波パルスを発生させ、

前記各飛翔体の衝突によって発生した弾性波パルスが前記金属棒の他端面に到達したときに生じる端面の運動加速度を該他端面に設けた加速度センサ(23)で各々計測し、

前記他端面の運動加速度を光学測定器(24)で計測し、

前記金属棒側面に設けた歪ゲージ(25)によって前記飛翔体の衝突により生じた弾性波パルスの歪みを各々計測し、

前記他端面の運動加速度を計測した光学測定器の出力信号により、前記歪ゲージの計測信号に対して弾性波パルスの伝播理論によって波動の分散、減衰に応じた補正演算を行い、

二個の飛翔体を同時に或いは所定の時間間隔で衝突させた時の前記加速度センサの出力信号と、二個の飛翔体を別々に発射した時に得られた前記歪ゲージからの前記補正演算した信号から得られる加速度信号の和とを時間領域及び周波数領域で比較することにより加速度センサの動的線形性を求めることを特徴とする加速度センサの動的線形性計測方法。

7. 金属棒(1)の一端面(2)に二重の発射管(4、5)から同心円状に配置した2個の飛翔体(8、10)を各々単独に、及び両飛翔体を同時に或いは所定時間間隔で衝突させて該金属棒内に弾性波パルスが発生させ、

前記各飛翔体の衝突によって発生した弾性波パルスが前記金属棒の他端面(22)に到達したときに生じる端面の運動加速度を該他端面に設けた加速度センサ(23)で各々計測し、

前記他端面の運動加速度を光学測定器(24)で各々計測し、

前記金属棒側面の軸線方向複数箇所に設けた歪ゲージ(25)によって各歪ゲージの代表位置における前記飛翔体の衝突により生じた弾性波パルスの歪みを各々計測し、

前記他端面の運動加速度を計測した光学測定器の出力信号により、前記歪ゲージの計測信号に対して弾性波パルスの伝播理論によって波動の分散、減衰に応じた補正演算を行い、

二個の飛翔体を同時に或いは所定の時間間隔で衝突させた時の前記加速度センサの出力信号と、二個の飛翔体を別々に発射した時に得られた前記歪ゲージからの前記補正演算した信号から得られる加速度信号の和とを時間領域及び周波数領域で比較することにより加速度センサの動的線形性を求めることを特徴とする加速度センサの動的線形性計測方法。

8. 前記歪ゲージを、前記金属棒の一端面から同一距離の円周上に複数設け、各歪ゲージの出力信号を用いることを特徴とする請求の範囲第2項乃至第7項のいずれか一項記載の加速度センサの動的線形性計測方法。

9. 前記軸線方向複数箇所に設けた歪ゲージを、各箇所において前記金属棒の一端面から同一距離の円周上に各々複数設け、各歪ゲージの出力信号を用いることを特徴とする請求の範囲第3項または第7項記載の加速度センサの動的線形性計測方法。

10. 前記光学機器はレーザ干渉計であることを特徴とする請求の範囲第1項、第6項又は第7項のいずれか一項記載の加速度センサの動的線形性計測方法。

11. 二重の発射管(4、5)から同心円状に配置した2個の飛翔体(8、10)を各々単独に、及び両飛翔体を同時に或いは所定時間間隔で金属棒(1)の一端面(2)に衝突させて該金属棒内に弾性波パルスが発生させる発射装置(9、11)と、

前記各飛翔体の衝突によって発生した弾性波パルスが前記金属棒の他端面(22)

に到達したときに生じる端面の運動加速度を計測する上記他端面に固定された加速度センサ(23)と、

前記端面の運動速度を計測し運動加速度として演算する光学測定器(24)と、

二個の飛翔体を同時に或いは所定の時間間隔で衝突させた時の前記加速度センサの出力信号と、二個の飛翔体を別々に発射した時に得られた前記光学測定器(26)で計測し演算した運動加速度とを時間領域及び周波数領域で比較する比較手段とを備えたことを特徴とする加速度センサの動的線形性計測装置。

12. 二重の発射管(4、5)から同心円状に配置した2個の飛翔体(8、10)を各々単独に、及び両飛翔体を同時に或いは所定時間間隔で金属棒(1)の一端面(2)に衝突させて該金属棒内に弾性波パルスが発生させる発射装置(9、11)と、

前記各飛翔体の衝突によって発生した弾性波パルスが前記金属棒の他端面(22)に到達したときに生じる端面の運動加速度を計測する上記他端面に固定された加速度センサ(23)と、

前記弾性波パルスの歪みを計測する前記金属棒側面に設けた歪ゲージ(25)と、

二個の飛翔体を同時に或いは所定の時間間隔で衝突させた時の前記加速度センサの出力信号(26)と、二個の飛翔体を別々に発射した時に得られた前記歪ゲージの計測信号から得られる加速度信号の和とを時間領域及び周波数領域で比較する比較手段とを備えたことを特徴とする加速度センサの動的線形性計測装置。

13. 二重の発射管(4、5)から同心円状に配置した2個の飛翔体(8、10)を各々単独に、及び両飛翔体を同時に或いは所定時間間隔で金属棒の一端面(2)に衝突させて該金属棒内に弾性波パルスが発生させる発射装置(9、10)と、

前記各飛翔体の衝突によって発生した弾性波パルスが前記金属棒の他端面(22)に到達したときに生じる端面の運動加速度を計測する前記他端面に固定された加速度センサ(23)と、

前記弾性波パルスの歪みを計測する前記金属棒側面に対し軸線方向複数箇所に設けた歪ゲージ(25)と、

二個の飛翔体を同時に或いは所定の時間間隔で衝突させた時の前記加速度センサの出力信号と、二個の飛翔体を別々に発射した時に得られた前記各歪ゲージの代表位置における前記運動加速度により生じた歪計測信号から得られる加速度信号の和

とを時間領域及び周波数領域で比較する比較手段(26)とを備えたことを特徴とする加速度センサの動的線形性計測装置。

14. 二重の発射管(4、5)から同心円状に配置した2個の飛翔体(8、10)を各々単独に、及び両飛翔体を同時に或いは所定時間間隔で金属棒の一端面に衝突させて該金属棒内に弾性波パルスが発生させる発射装置(9、10)と、

前記各飛翔体の衝突によって発生した弾性波パルスが前記金属棒の他端面(22)に到達したときに生じる端面の運動加速度を計測する前記他端面に固定された加速度センサ(23)と、

前記弾性波パルスの歪みを計測する前記金属棒側面に設けた歪ゲージ(25)と、
前記歪ゲージの計測信号に対して弾性波パルスの伝播理論によって波動の分散、減衰に応じた補正演算を行う演算手段と、

二個の飛翔体を同時に或いは所定の時間間隔で衝突させた時の前記加速度センサの出力信号と、二個の飛翔体を別々に発射した時に得られた前記歪ゲージからの前記補正演算した信号から得られる加速度信号の和とを時間領域及び周波数領域で比較する比較手段(26)とを備えたことを特徴とする加速度センサの動的線形性計測装置。

15. 二重の発射管(4、5)から同心円状に配置した2個の飛翔体(8、10)を各々単独に、及び両飛翔体を同時に或いは所定時間間隔で金属棒の一端面に衝突させて該金属棒内に弾性波パルスが発生させる発射装置(9、10)と、

前記各飛翔体の衝突によって発生した弾性波パルスが前記金属棒の他端面に到達したときに生じる端面の運動加速度を計測する前記他端面に固定された加速度センサ(23)と、

前記弾性波パルスの歪みを計測する前記金属棒側面に対し軸線方向複数箇所に設けた歪ゲージ(25)と、

前記歪ゲージの計測信号により代表位置の計測信号を求め、該代表位置の計測信号に対して弾性波パルスの伝播理論によって波動の分散、減衰に応じた補正演算を行う演算手段と、

二個の飛翔体を同時に或いは所定の時間間隔で衝突させた時の前記加速度センサの出力信号と、二個の飛翔体を別々に発射した時に得られた前記歪ゲージの計測信

号に基づく前記補正演算した信号から得られる加速度信号の和とを時間領域及び周波数領域で比較する比較手段(26)とを備えたことを特徴とする加速度センサの動的線形性計測装置。

16. 二重の発射管(4、5)から同心円状に配置した2個の飛翔体(8、10)を各々単独に、及び両飛翔体を同時に或いは所定時間間隔で金属棒(1)の一端面(2)に衝突させて該金属棒内に弾性波パルスが発生させる発射装置(9、10)と、

前記各飛翔体の衝突によって発生した弾性波パルスが前記金属棒の他端面(22)に到達したときに生じる端面の運動加速度を計測する前記他端面に固定された加速度センサ(23)と、

前記弾性波パルスの歪みを計測する前記金属棒側面に対し軸線方向複数箇所に設けた歪ゲージ(25)と、

前記端面の運動速度を計測する光学測定器(24)と、

前記光学測定器の出力信号により前記歪ゲージの計測信号に対して弾性波パルスの伝播理論によって波動の分散、減衰に応じた補正演算を行う演算手段と、
二個の飛翔体を同時に或いは所定の時間間隔で衝突させた時の前記加速度センサの出力信号と、二個の飛翔体を別々に発射した時に得られた前記歪ゲージのからの前記補正演算した信号から得られる加速度信号の和とを時間領域及び周波数領域で比較する比較手段(26)とを備えたことを特徴とする加速度センサの動的線形性計測装置。

17. 前記歪ゲージ(25)を前記金属棒の一端面から同一距離の円周上に複数設け、各歪ゲージの出力信号を用いることを特徴とする請求の範囲第12項乃至第16項のいずれか一項記載の加速度センサの動的線形性計測装置。

18. 前記光学測定器(24)の出力信号により前記歪ゲージの計測信号に対して弾性波パルスの伝播理論によって波動の分散、減衰に応じた補正演算を行う際には、金属棒に前記加速度センサを取り付けない状態で行うことを特徴とする請求の範囲第16項または第17項記載の加速度センサの動的線形性計測装置。

19. 二重の発射管(4、5)から同心円状に配置した2個の飛翔体(8、10)を各々単独に、及び両飛翔体を同時に或いは所定時間間隔で金属棒(1)の一端面(2)に衝突させて該金属棒内に弾性波パルスが発生させる発射装置(9、10)と、

前記各飛翔体の衝突によって発生した弾性波パルスが前記金属棒の他端面(22)に到達したときに生じる端面の運動加速度を計測する前記他端面に固定された加速度センサ(23)と、

前記弾性波パルスの歪みを計測する前記金属棒側面に対し軸線方向複数箇所に設けた歪ゲージ(25)と、

前記端面の運動速度を計測する光学測定器(24)と、

前記光学測定器の出力信号により前記各歪ゲージの代表位置における前記運動加速度により生じた歪計測信号に対して弾性波パルスの伝播理論によって波動の分散、減衰に応じた補正演算を行う演算手段と、

前記加速度センサの出力信号と、前記歪ゲージからの前記補正演算した信号とを時間領域及び周波数領域で比較する比較手段(26)とを備えたことを特徴とする加速度センサの動的線形性計測装置。

20. 前記軸線方向複数箇所に設けた歪ゲージを、各箇所において前記金属棒の一端面から同一距離の円周上に各々複数設けたことを特徴とする請求の範囲第12項乃至第19項のいずれか一項記載の加速度センサの動的線形性計測装置。

21. 前記光学測定器は、レーザ干渉計であることを特徴とする請求の範囲第11項、第16項又は第19項のいずれか一項記載の加速度センサの動的線形性計測装置。

22. 前記光学測定器の信号により前記各歪ゲージの代表位置における前記飛翔体の衝突により生じた弾性波パルスの歪信号に対して弾性波パルスの伝播理論によって波動の分散、減衰に応じた補正演算を行う際には、前記金属棒に加速度センサを取り付けて行うことを特徴とする請求の範囲第19項乃至第21項のいずれか一項記載の加速度センサの動的線形性計測装置。

23. 前記飛翔体は、異なる材料の積層構造をもつことを特徴とする請求の範囲第11項乃至第22項のいずれか一項記載の加速度センサの動的線形性計測装置。

24. 前記発射装置は、内側発射管、外側発射管各々を多重発射管とすることにより、外側発射管、及び内側発射管から発射される飛翔体を多重化し、各々において飛翔体の発射の位相を制御することによって、金属棒内部に発生する弾性波の周波数帯域を狭帯域化することを特徴とする請求の範囲第11項乃至第22項のいずれか一項記載の加速度センサの動的線形性計測装置。

25. 前記金属棒中の弾性波伝播の理論によって、歪ゲージ出力信号から端面に入射する弾性波パルスの過渡歪信号を求める際に、スカラクの解析解の少なくとも1次の項を用いることを特徴とする請求の範囲第12項乃至第22項のいずれか一項記載の加速度センサの動的線形性計測装置。

26. 前記金属棒中の弾性波伝播の理論によって、歪ゲージ出力信号から端面に入射する弾性波パルスの過渡歪信号を求める際に、スカラクの解析解の高次の項迄を用いることを特徴とする請求の範囲第12項乃至第22項のいずれか一項記載の加速度センサの動的線形性計測装置。

27. 前記金属棒端面の運動加速度計測、運動速度計測結果或いは歪ゲージ計測、波動伝播理論から導かれる加速度センサ入力加速度信号と加速度センサの出力信号を、周波数領域で比較することにより加速度センサの動的線形性を計測することを特徴とする請求の範囲第11項乃至第22項のいずれか一項記載の加速度センサの動的線形性計測装置。

28. 前記2個の飛翔体の金属棒に対する衝突時刻の差を、第1の飛翔体が金属棒に衝突したときに発生する加速度センサへの入力過渡加速度信号と、第2の飛翔体が金属棒に衝突したときに発生する加速度センサへの入力過渡加速度信号とが、両飛翔体を同時に発射したときに発生する加速度センサへの入力過渡加速度信号を最も良く適合するパラメータとして求め、各飛翔体をそれぞれ単独で発射したときに得られる加速度センサの出力信号、両飛翔体を所定時間差で発射した時に得られる加速度センサの出力信号から加速度センサの動的線形性を計測する動的線形性演算手段を備えたことを特徴とする請求の範囲第11項乃至第22項のいずれか一項記載の加速度センサの動的線形性計測装置。

29. 前記金属棒を軸線方向への剛性運動を拘束しないような点接触による支持手段により、水平に支持したことを特徴とする請求の範囲第11項乃至第22項のいずれか一項記載の加速度センサの動的線形性計測装置。

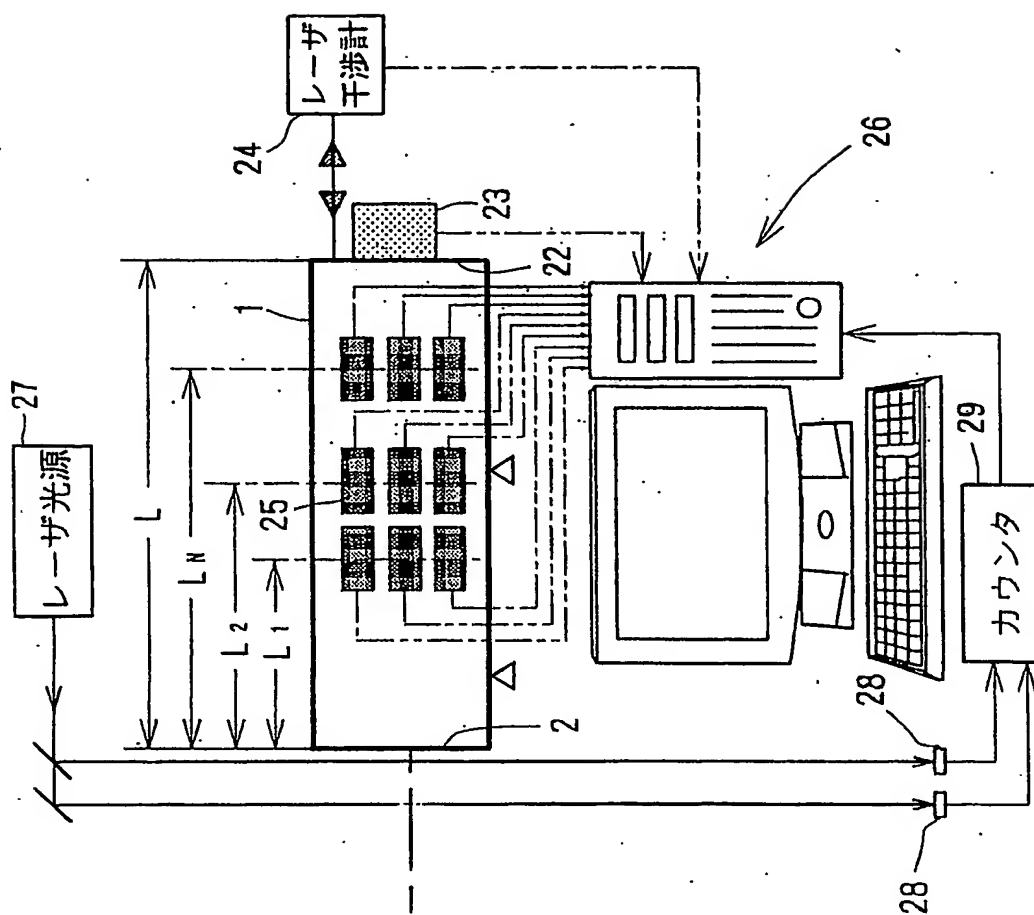
30. 前記金属棒端面に金属球を接触させ、前記飛翔体の発射装置は、前記二重の発射管から同心円状に配置した2個の飛翔体を、該金属球に対して発射時期を精密に制御して発射させ、金属棒内部に弾性波パルスを発生させることを特徴とする請求の範囲第11項乃至第22項のいずれか一項記載の加速度センサの動的線形性計測装

置。

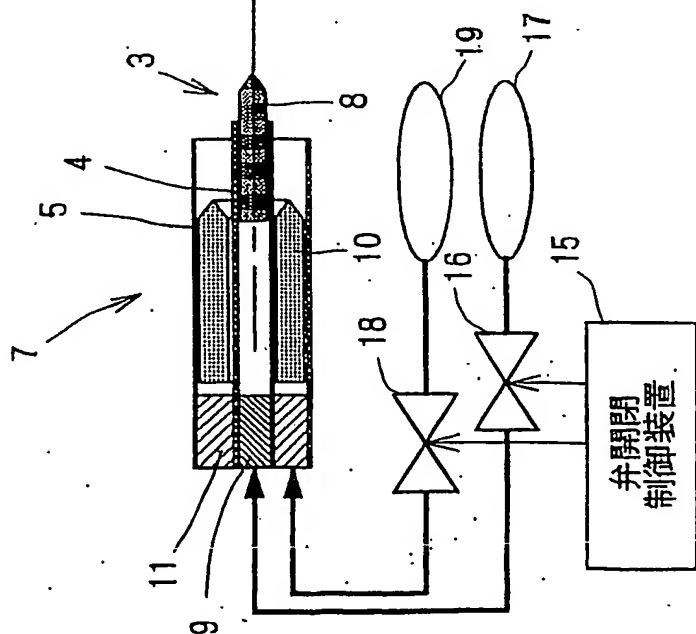
31. 波動の分散、波動の減衰、音速値の不確かさ、加速度センサの質量、ゲージの周波数応答などを補正する補正関数と、ゲージが貼り付けられた金属棒とを、個別の加速度センサに対応するために必要不可欠な交換部品セットとすることを特徴とする請求の範囲第12項乃至第22項のいずれか一項記載の加速度センサの動的線形性計測装置。

32. 内側飛翔体と外側飛翔体もしくは、多重化された内側発射管から発射される内側飛翔体群もしくは、多重化された外側発射管から発射される外側飛翔体群の発射は順序に依存しないことを特徴とする、請求の範囲第1項乃至第7項のいずれか一項記載の加速度センサの動的線形性計測方法。

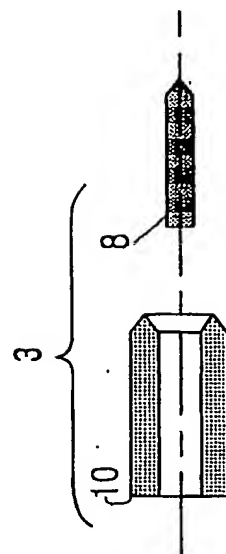
33. 内側飛翔体と外側飛翔体もしくは、多重化された内側発射管から発射される内側飛翔体群もしくは、多重化された外側発射管から発射される外側飛翔体群の発射は順序に依存しないことを特徴とする、請求の範囲第11項乃至第16項及び第19項記載のいずれか一項記載の加速度センサの動的線形性計測装置。



第1図



第2図



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/04131

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ G01P21/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ G01P21/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2003	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5000030 A (Agency of Industrial Science & Technology; Ministry of International trade & Industry), 19 March, 1991 (19.03.91), Full text; all drawings & JP 3-67175 A & CH 683949 A & DK 76690 A	1-33
A	JP 5-273232 A (Toshiba Corp.), 22 October, 1993 (22.10.93), Full text; all drawings (Family: none)	1-33
A	JP 3-109165 U (NEC Corp.), 08 November, 1991 (08.11.91), Full text; all drawings (Family: none)	1-33

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
 "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier document but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
17 June, 2003 (17.06.03)

Date of mailing of the international search report
01 July, 2003 (01.07.03)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G01P 21/00

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G01P 21/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2003年
 日本国登録実用新案公報 1994-2003年
 日本国実用新案登録公報 1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	US 5000030 A (Agency of Industrial Science & Technology; Ministry of International trade & Industry), 1991.03.19 全文、全図 & JP 3-67175 A & CH 683949 A & DK 76690 A	1-33
A	JP 5-273232 A (株式会社東芝), 1993.10.22 全文、全図 (ファミリーなし)	1-33

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

17.06.03

国際調査報告の発送日

01.07.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

北川 創

2F

9804

電話番号 03-3581-1101 内線 3216

C (続き) . 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 3-109165 U(日本電気株式会社), 1991. 11. 08 全文、全図 (ファミリーなし)	1-33